

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 44 131.6

**Anmeldetag:** 23. September 2002

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft,  
München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Unterstützung einer Identifizierung einer defekten Funktionseinheit in einer technischen Anlage

**IPC:** G 01 R, G 01 M, G 06 F

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 16. Januar 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Weitner

## Beschreibung

Verfahren zur Unterstützung einer Identifizierung einer defekten Funktionseinheit in einer technischen Anlage

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Unterstützung einer Identifizierung einer defekten Funktionseinheit in einer technischen Anlage.

10 Die Identifizierung einer defekten Funktionseinheit in einer technischen Anlage ist Voraussetzung für eine schnelle und erfolgreiche Reparatur. Meist wird dabei nur die defekte Funktionseinheit mit einer intakten Ersatzfunktionseinheit ausgetauscht. Eine beschleunigte Reparatur führt zu kürzeren  
15 Ausfallzeiten und erhöht somit den Nutzen der technischen Anlage.

Die hohe Komplexität technischer Anlagen, die aus vielen unabhängigen Funktionseinheiten aufgebaut sind, erschwert die  
20 Identifizierung und erfordert eine Vielzahl von Tests, die vielfältige Messungen an den technischen Anlagen durchführen. Die Wahl der richtigen Tests, ihre Kombination und ihre Bewertung obliegt einem Servicetechniker, dem dazu unterstützende Information zur Verfügung steht, beispielsweise Handbücher, Schaltpläne oder Informationen über die Tests. Da die  
25 unterstützende Information und die Tests laufend aktualisiert und an die Weiterentwicklungen der technischen Anlagen angepasst werden, kann der Servicetechniker leicht in seinem Informationsstand zurückliegen, so dass er die defekte Funktionseinheit nur durch Ausprobieren identifiziert kann. Jeder unnötige Austausch einer nicht defekten Funktionseinheit  
30 führt zu zusätzlichen Kosten.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde eine schnellere und  
35 genauere Identifizierung einer defekten Funktionseinheit in einer technischen Anlage zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zur Unterstützung einer Identifizierung einer defekten Funktionseinheit in einer technischen Anlage, die mehrere Funktionseinheiten aufweist, wobei zur Identifizierung ein erster

- 5 Test an der technischen Anlage durchgeführt wird, wobei der erste Test eine Messung an der technischen Anlage durchführt und ein erstes Testergebnis liefert, wobei mithilfe von Information darüber, welche Funktionseinheiten getestet wurden und welchen Aufbau die technische Anlage aufweist, eine automatisierte Verarbeitung des ersten
- 10 Testergebnisses durchgeführt wird, wobei das erste Testergebnis analysiert wird, um eine Gruppe von Funktionseinheiten zu bestimmen, die defekt sein können, und wobei anhand der Analyse den Funktionseinheiten der Gruppe Defektwahrscheinlichkeiten zugeordnet werden.
- 15

Der Vorteil des Verfahrens liegt darin, dass die Information über den Aufbau der technischen Anlage verknüpft wird mit einem ersten Test, der an der technischen Anlage durchgeführt

20 wird. Dadurch wird es möglich, dass im Verfahren auf Information darüber zurückgegriffen werden kann, welche Funktionseinheiten vom ersten Test getestet wurden. Dies erlaubt dann die automatisierte Verarbeitung des ersten Testergebnisses, bei der eine Gruppe von Funktionseinheiten aus all den Funktionseinheiten, die die technische Anlage aufbauen, selektiert wird.

25

Die Gruppe von Funktionseinheiten wird dadurch charakterisiert, dass mindestens eine ihrer Funktionseinheiten defekt

30 ist. Anhand von zwei extremen Fälle soll die Zuordnung von Funktionseinheiten in Abhängigkeit vom Testergebnis verdeutlichen werden. Im ersten Fallbeispiel, bei dem der Test darauf hinweist, dass eine der getesteten Funktionseinheit defekt ist, besteht die Gruppe aus den vom Test getesteten

35 Funktionseinheiten. Im zweiten Fallbeispiel weist der Test nicht auf einen Defekt der getesteten Funktionseinheiten hin

und die getesteten Funktionseinheiten werden nicht der Gruppe zugeordnet.

Ein weiterer Vorteil des Verfahrens ist nun, dass man auf Information bezüglich der technischen Anlage zurückgreifen kann, um den Funktionseinheiten der Gruppe Defektwahrscheinlichkeiten zuzuordnen, die sich aus der Teilnahme am ersten Test ergeben. Dabei kann auch zusätzliche Information in die Zuordnung einfließen, beispielsweise die Anfälligkeit einer Funktionseinheit. Auf diese Weise kann eine genauere Defektwahrscheinlichkeit zugeordnet werden.

In einer Weiterbildung des Verfahrens werden die Defektwahrscheinlichkeiten der Funktionseinheiten in der Gruppe mit einer signifikanten Grenzdefektwahrscheinlichkeit verglichen, wobei die Grenzdefektwahrscheinlichkeit dadurch definiert ist, dass jede Defektwahrscheinlichkeit, die größer ist als die Grenzdefektwahrscheinlichkeit, die zugehörige Funktionseinheit als defekt klassifiziert. Dies hat den Vorteil, dass mit einer automatisierten Analyse und Zuordnung von Defektwahrscheinlichkeiten eine defekte Funktionseinheit identifiziert werden kann.

In eine Weiterbildung des Verfahrens, die sich auf den Fall bezieht, dass noch keine Defektwahrscheinlichkeit über der signifikanten Grenzdefektwahrscheinlichkeit liegt, wird anhand der Defektwahrscheinlichkeiten mindestens ein zweiter Test vorgeschlagen, wobei der Test die Defektwahrscheinlichkeiten weiter präzisieren soll. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass nur eine Untergruppe der Gruppe von Funktionseinheiten getestet wird. Ein Vorteil des Verfahrens liegt darin, dass mit Hilfe der Defektwahrscheinlichkeiten, mit dem Wissen über den Aufbau der technischen Anlage und mit dem Wissen darüber, welche Funktionseinheiten von welchem Test angesprochen werden, Tests automatisiert danach beurteilt werden können, inwieweit ihre Durchführung es er-

möglichst, die Defektwahrscheinlichkeiten der Funktionseinheiten der Gruppe weiter zu präzisieren.

In einer Weiterbildung des Verfahrens werden die Testvor-  
5 schläge nach mindestens einem Kriterium automatisiert geordnet, das die Relevanz des Testvorschlags in Bezug zur Identifizierung der defekten Einheit bewertet. Vorteilhaft wäre es z.B. den Zeitaufwand, den der Test beim Ablauf benötigt, mit einzubeziehen oder es könnte eine Bewertung danach erfolgen, wie weit die am Test teilnehmenden Funktionseinheiten  
10 mit den Funktionseinheiten übereinstimmen, für die eine spezielle Präzisierung der Defektwahrscheinlichkeit von Vorteil ist.

15 In einer Weiterbildung wird der Relevanteste der vorgeschlagenen Tests automatisch durchgeführt. Dies hat den Vorteil, dass eine Folge von Tests unabhängig von einer Einflussnahme eines Servicetechnikers durchgeführt werden kann.

20 In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform wird als zweiter Test einer der Testvorschläge durchgeführt. Dann wird unter Berücksichtigung des ersten Testergebnisses und unter Einbezug von Information darüber, welche Funktionseinheiten getestet wurden, welchen Aufbau die technische Anlage auf-  
25 weist und welche Ergebnisse mindestens ein früherer Test geliefert hat, das Testergebnis des zweiten Tests analysiert, um die Defektwahrscheinlichkeiten der Funktionseinheiten der Gruppe weiter zu präzisieren. Des Weiteren wird, falls eine präzisierte Defektwahrscheinlichkeit einer Funktionseinheit  
30 über einer signifikanten Grenze liegt, diese Funktionseinheit als defekt identifiziert oder es wird, falls keine Defektwahrscheinlichkeit über der signifikanten Grenze liegt, mindestens ein weiterer Test zum Präzisieren der Defektwahrscheinlichkeiten der Funktionseinheiten der Gruppe vorge-  
35 schlagen. Zusätzlich werden diese Testvorschläge nach mindestens einem Kriterium, das die Relevanz des Testvorschlags in

Bezug zur Identifizierung der defekten Einheit bewertet, automatisiert geordnet.

5 In einer Weiterbildung des Verfahrens wird so oft ein jeweils neu vorgeschlagener Test durchgeführt, bis eine Defektwahrscheinlichkeit einer Funktionseinheit oberhalb der signifikanten Grenze liegt, und diese Funktionseinheit als defekte Funktionseinheit identifiziert ist. Der Vorteil dieser Weiterbildung liegt darin, dass nun aufgrund der wiederholten  
10 Durchführung der automatisierten Bearbeitung von Testergebnissen eine Eingrenzung der Gruppe von Funktionseinheiten, die defekt sein können, möglich ist, wobei die Eingrenzung ohne Mitwirken eines Servicetechnikers fortgeführt werden kann, bis die defekte Funktionseinheit identifiziert ist. Die  
15 Fehlerquote dieses Verfahrens kann durch Wahl der Grenzdefektwahrscheinlichkeit minimiert werden.

In einer besonderen Ausführungsform ergibt sich die Defektwahrscheinlichkeit einer Funktionseinheit nach der Durchführung eines Tests aus einer mathematischen Kombination der Defektwahrscheinlichkeit vor dem Test mit der Defektwahrscheinlichkeit aufgrund des Tests. Dies hat den Vorteil, dass schon  
20 gewonnene Information gezielt in die Defektwahrscheinlichkeit einer Funktionseinheit einbezogen werden kann.

25 In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens sind die die technische Anlage aufbauenden Funktionseinheiten zum einen austauschbare Baueinheiten und zum anderen austauschbare Verbindungseinheiten zwischen weiteren Funktionseinheiten. Diese Verbindungseinheiten können Signale zwischen den Funktionseinheiten übermitteln, beispielsweise  
30 elektrische oder optische Signale. Des Weiteren können sie Signale über pneumatische oder hydraulischem Wege übermitteln oder sie können eine Energieversorgung einer Funktionseinheit ermöglichen. Die Strukturierung des Aufbaus der technischen  
35 Anlage in Funktionseinheiten FRUs (FRUs field replaceable units), die als ganzes austauschbar sind, hat den Vorteil,

dass nach der Identifizierung der defekten Funktionseinheit die Reparatur der technischen Anlage schnell durch Austausch der Funktionseinheit vollzogen werden kann. Darum ist es vorteilhaft, die Funktionseinheit beispielsweise auf die FRUs  
5 der technischen Anlage zu beziehen.

In einer vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens überprüft ein Test die Funktion einer einzelnen Funktionseinheit. In einer anderen Ausführungsform überprüft ein Test mehrere  
10 Funktionseinheiten entlang eines Testsignalwegs. Diese Ausführungsformen haben den Vorteil, dass zum einen eine einzelne Funktionseinheit und zum anderen das Zusammenwirken mehrerer Funktionseinheiten überprüft werden kann.

15 In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform können verschiedene Tests aus einem Testprogramm mittels Parametrisierung erzeugt werden. Dies hat den Vorteil, dass ein Testprogramm in einer allgemeinen Form entworfen werden kann, das dann beispielsweise zur Überprüfung von verschiedenen Strukturen eingesetzt wird, die sich in ihrem Aufbau ähneln. Ein  
20 weiterer Vorteil liegt darin, dass ein Testprogramm geschrieben werden kann, das auf verschiedenen technischen Anlagen einer Systemfamilie laufen kann, in dem die entsprechenden Parameter der jeweiligen technischen Anlage an das Testprogramm übergeben werden.  
25

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform bilden mehrere Tests mit beispielsweise einer gemeinsamen Aufgabe einen Testblock und können so zur Vereinfachung der Durchführbarkeit mit einem einzigen Aufruf des Testblocks ausgeführt werden. Dies hat den Vorteil, dass Tests, die z.B. zur Überprüfung eines Moduls der technischen Anlage dienen, gezielt aufgerufen werden können, um die Defektwahrscheinlichkeiten der Funktionseinheiten dieses Moduls näher zu bestimmen. Ein  
30 weiterer Vorteil liegt darin, dass ein Servicetechniker nicht  
35 viele verschiedenen Test einzeln aufrufen muss.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform wird in einem Testmodell zusammengefasst, welche Funktionseinheiten von welchem Test oder Testblock überprüft werden. Das Testmodell wird beispielsweise durch Konfigurieren eines Testprogrammmodells auf die technische Anlage erzeugt. Das Testprogrammmodell beschreibt dabei z.B. die Tests oder Testblöcke, die auf der technischen Anlage oder auf Anlagen, die dieser technischen Anlage ähnlich sind, durchführbar sind. Die Beschreibung der Tests oder Testblöcke kann deren Aufgabe, welche Vor- und Nachbereitungen an der technischen Anlage für einen Test notwendig sind, ob der Test automatisch ausgeführt werden kann oder ob ein Mitwirken eines Servicetechnikers notwendig ist, weitere wichtige Parameter und natürlich die jeweils von einem Test betroffenen Funktionseinheiten umfassen. Ein wichtiger Parameter ist z.B. die Dauer der Durchführung des Tests.

Ein solches Testprogrammmodell kann aus einem Supertestprogrammmodell hervorgehen und hat den Vorteil, dass eine Programmierung der automatischen Bearbeitung von Testergebnissen möglich ist, die auf eine ganze Systemfamilie von technischen Anlagen anwendbar ist. Des Weiteren kann das Testprogrammmodell die Abhängigkeit der Funktionsfähigkeit der Funktionseinheiten von einem Testergebnis enthalten oder Regeln zur Fehlerfindung in einer allgemeinen oder in einer für eine technische Anlage speziellen Form aufweisen, die aus dem Wissen von erfahrenen Servicetechnikern, Systemdesignern und Ingenieuren gewonnen wurden. Die automatisierte Verarbeitung bedient sich dann einer Art Expertensystem.

Ein Vorteil der Verwirklichung des Verfahrens mit einem solchen Testmodell liegt in der Möglichkeit, den Ablauf der Defektidentifikation zu automatisieren. Eine solche Automatisierung ermöglicht es dann, das Testmodell unabhängig von Testblöcken aufzubauen, so dass vom Verfahren gezielt die Tests aufgerufen werden können, die auch zu einer Präzisierung der Defektwahrscheinlichkeiten führen. Dies wird durch



die Verfügbarkeit der relevanten Information im Testmodell und durch die automatisierte Bearbeitung möglich. Die Defektidentifikation lässt sich auf diese Weise erheblich beschleunigen, da nicht mehr alle Tests eines Testblocks, ob vorteilhaft oder nicht, durchgeführt werden müssen.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform ist die Information über den Aufbau der technischen Anlage schematisch in einem Systemmodell zusammengefasst, das auf Funktionseinheiten basiert. Das Systemmodell kann beispielsweise durch Konfigurieren eines Supersystemmodells auf die technische Anlage erzeugt werden. Dabei umfasst das Supersystemmodell alle verwandten technischen Anlagen, die beispielsweise zu einer Systemfamilie gehören. Der Vorteil eines solchen Systemmodells liegt darin, dass es die Interpretation eines Tests oder Testblocks in Hinblick auf den Aufbau der technischen Anlage erlaubt, und somit die Funktionseinheiten, die von einem Test oder Testblock angesprochen werden, zugänglich macht. Das Systemmodell weiß beispielsweise welche Funktionseinheiten (FRUs) in der technischen Anlage vorliegen und wie sie über die Verbindungseinheiten (Kabel) miteinander verbunden sind. Des Weiteren kann das Systemmodell ein statistisches Modell über die Zuverlässigkeiten der Funktionseinheiten aufweisen.

25

Die automatisierte Unterstützung einer Identifizierung einer defekten Funktionseinheit nach dem Verfahren der Erfindung wird also beispielsweise dadurch realisiert, dass zum einen die technische Anlage in Form eines Systemmodells in Funktionseinheiten strukturiert wird, und dass zum anderen die Wechselwirkung eines Tests mit der technischen Anlage in einem Testmodell beschreiben wird. Das Testmodell enthält z.B. die Aufgabe, den Wirkungskreis, die beanspruchte Zeit, und andere Größen, die in Bezug zur technischen Anlage stehen.

Die Konfiguration von Systemmodell und Testmodell kann automatisch entsprechend der jeweiligen technischen Anlage erfol-

gen, wobei der Ablauf des Verfahrens unabhängig von der technischen Anlage programmiert werden kann.

Ein zusätzlicher Vorteil des Verfahrens liegt in der Möglichkeit, das Verfahren in einer Testsoftware zu integrieren, die Systemfamilien und eine Vielzahl von Tests in einer übersichtlichen Struktur widerspiegelt. Die Testsoftware, die an die Erfindung angepasst ist, ermöglicht eine einfache Aktualisierung bezüglich Änderungen in den Systemen und in den Tests.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind durch die Merkmale der Unteransprüche gekennzeichnet.

Es folgt die Erläuterung von mehreren Ausführungsbeispielen anhand der Figuren 1 bis 11. Es zeigen:

Fig. 1 ein Flussdiagramm zur Verdeutlichung des Verfahrens zur Unterstützung einer Identifizierung einer defekten Funktionseinheit in einer technischen Anlage,

Fig. 2 ein schematisiertes Diagramm zur Verdeutlichung der Konfiguration des Systemmodells aus dem Supersystemmodell,

Fig. 3 einen alternativen Aufbau des Supersystemmodells,

Fig. 4 den Zusammenhang zwischen einem Testprogramm und den zu ihm gehörenden Tests,

Fig. 5 den Zusammenhang zwischen einem Testblock und den zu ihm gehörenden Tests,

Fig. 6 ein schematisiertes Diagramm zur Verdeutlichung der Konfiguration des Testmodells aus dem Supertestprogrammmodell,

- Fig. 7 ein Diagramm zur Verdeutlichung des Informationsflusses bei der automatisierten Bearbeitung von Testergebnissen,
- 5 Fig. 8 ein Ablaufdiagramm der automatisierten Bearbeitung,
- Fig. 9 ein Ablaufdiagramm einer Synthese bei der automatisierten Bearbeitung nach Figur 8,
- 10 Fig. 10 ein erstes Beispiel zum Ablauf der Identifizierung einer defekten Einheit in einer Kommunikationskette, die in einem Magnetresonanztomographiegerät verwendet wird,
- 15 Fig. 11 ein zweites Beispiel zum Ablauf der Identifizierung einer defekten Einheit in einem RF-System eines Magnetresonanztomographiegeräts,
- Fig. 12 ein Beispiel zur Vorgehensweise bei der Kombination von Defektwahrscheinlichkeiten, die auf zwei Tests beruhen.
- 20

Figur 1 zeigt ein Flussdiagramm, das das Verfahren zur Unterstützung einer Identifizierung einer defekten Funktionseinheit verdeutlicht. Ein Test 1 wird an einer technischen Anlage 3 durchgeführt und liefert ein erstes Testergebnis 5. Das erste Testergebnis 5 wird zusammen mit der Information 7, welche Funktionseinheiten 9 der technischen Anlage 3 getestet wurden, und mit der Information 11 über den Aufbau der technischen Anlage 3 einer Verarbeitungseinheit 13 zur automatisierten Verarbeitung von Testergebnissen 5 zugeführt.

25

30

In der Verarbeitungseinheit 13 werden die Testergebnisse analysiert und unter Einbezug der zugeführten Information wird eine Gruppe von Funktionseinheiten 9 zusammengestellt, die aufgrund des Tests 1 defekt sein könnten. Falls der Test auf keinen Defekt hinweist, setzt sich beispielsweise nach dem

35

Ausschlussprinzip die Gruppe von Funktionseinheiten 9 aus den nicht getesteten Funktionseinheiten 9 zusammen. Falls der Test auf einen Defekt hinweist, umfasst die Gruppe bevorzugt Funktionseinheiten 9, die am Test beteiligt waren.

5

Zusätzlich wird bei der Analyse jeder Funktionseinheit 9 der Gruppe eine Defektwahrscheinlichkeit 15 zugeordnet. Die Defektwahrscheinlichkeiten 15 der Funktionseinheiten 9 werden mit einer Grenzdefektwahrscheinlichkeit verglichen, und so-

10 bald eine Defektwahrscheinlichkeit 15 einer Funktionseinheit 9 größer ist als diese Grenzdefektwahrscheinlichkeit, wird die dazugehörige Funktionseinheit 9 als die defekte Funkti-

onseinheit 17 identifiziert. Liegt keine Defektwahrscheinlichkeit 15 oberhalb der Grenzdefektwahrscheinlichkeit, so

15 wird von der Verarbeitungseinheit 13 mindestens ein Testvorschlag 19 erstellt. Der Testvorschlag 19 wird dabei so ausgewählt, dass mittels seiner Durchführung die Gruppe von Funktionseinheiten 9 weiter eingeschränkt werden kann oder

dass mittels seiner Durchführung die Defektwahrscheinlichkeiten 15 der Funktionseinheiten 9 der Gruppe präzisiert werden

20 können. Entsprechend benötigt die Verarbeitungseinheit 13 Möglichkeiten, die Defektwahrscheinlichkeiten 15 der Funktionseinheiten 9 abzuspeichern, die Struktur von möglichen

Tests hinsichtlich des Aufbaus der technischen Anlage 3 mit der Gruppe der Funktionseinheiten 9 zu vergleichen und den

25 Einfluss möglicher Tests auf die Defektwahrscheinlichkeiten 15 der Funktionseinheiten 9 abzuschätzen. Dazu können beispielsweise in einem Expertensystem gesammelte Information und Regeln zur Hilfe gezogen werden.

30

Des Weiteren verfügt die Verarbeitungseinheit 13 über die Möglichkeit die Testvorschläge 19 derart zu bewerten (z.B. wieder mithilfe des Expertensystems), dass der Testvorschlag 19 als erstes durchgeführt wird, der eine schnelle und effiziente Identifizierung der defekten Funktionseinheit 17 ermöglicht. Die Durchführung des vorteilhaftesten Testvorschlags 19 als ein zweiter Test der technischen Anlage 3 kann

35

nun einerseits automatisiert von der Verarbeitungseinheit 13 eingeleitet werden oder sie kann nach Befragung von einem Servicetechniker durchgeführt werden.

5 In einem zweiten Zyklus der automatisierten Verarbeitung steht der Verarbeitungseinheit 13 nun zusätzlich zur Information aus der Analyse des ersten Tests 1 ein zweites Testergebnis 21 sowie Information über die Funktionseinheiten, die vom zweiten Test überprüft wurden, zur Verfügung. Der Zyklus  
10 der automatisierten Verarbeitung mithilfe der Durchführung von weiteren Tests kann sich solange wiederholen, bis eine Defektwahrscheinlichkeit 15 oberhalb der Grenzdefektwahrscheinlichkeit liegt, d.h. bis die defekte Funktionseinheit 17 gefunden wurde.

15

In Figur 2 ist in einem schematisierten Diagramm die Entstehung des Systemmodells 31 aus dem Supersystem 33, das auf die technische Anlage 3 konfiguriert wird, dargestellt. Das Supersystemmodell 33 beschreibt die Struktur von einer Systemfamilie, d.h. von einer Familie von sich ähnelnden technischen Anlagen 3, mit Hilfe von Funktionseinheiten 9. Dabei sind die Funktionseinheiten 9 FRUs 35 oder Verbindungseinheiten 37, die die FRUs 35 miteinander verbinden. Durch die Konfiguration des Supersystemmodells 33 ist es möglich, die  
20 Struktur der technischen Anlage 3 in das Systemmodell 31 zu projizieren. Konfigurationen für andere technische Anlagen, die ebenfalls zur Systemfamilie gehören, führen zu entsprechenden Systemmodellen. Das Systemmodell 31 beschreibt den in der technischen Anlage 3 realisierten Aufbau der verschiedenen  
25 FRUs 35 und deren Verbindung mittels den Verbindungseinheiten 37. Eine derartige Darstellung der technischen Anlage 3 ermöglicht es, Tests, z.B. Test 1 und 19 und Funktionseinheiten 9, d.h. die FRUs 35 und die Verbindungseinheiten 37, miteinander in einen logischen Zusammenhang zu bringen.

30  
35

In Figur 3 wird ein alternativer Aufbau des Supersystemmodells 33 gezeigt. Dabei umfasst das Supersystemmodell 33 die

Systemmodelle 31 aller technischen Anlagen 3, die zur Systemfamilie gehören. Bei der Konfiguration wird dann das entsprechende Systemmodell 31 aus dem Supersystemmodell 33 selektiert.

5

In Figur 4 wird schematisch der Zusammenhang zwischen einem Testprogramm 41 und möglichen Tests 43, 45, 47, die mittels Parametrisierung aus dem Testprogramm 41 gewonnen werden können, dargestellt. Dabei ist ein Testprogramm 41 eine allgemein gehaltenes Programm, das es erlaubt, durch die Wahl von Parametern Messungen an der technischen Anlage 3 durchzuführen, die sich ähneln, d.h. die z.B. eine ähnliche Struktur von Funktionseinheiten 9 überprüfen.

10

15

Figur 5 zeigt schematisch den Zusammenhang zwischen einem Testblock 51 und einigen dazugehörigen Tests 53, 55, 57. Die Zusammenfassung der verschiedenen Tests 53, 55, 57 in dem Testblock 51 ermöglicht es, dass eine Sequenz von Tests mit einem einzigen Aufruf ausgeführt wird. Dies reduziert die Vielzahl der möglichen Tests an einer technischen Anlage 3 auf Testblöcke 51, d.h. Gruppen von Tests, die bevorzugt Tests mit gleichen Aufgaben oder Tests, die sich auf die gleichen Funktionseinheiten 9 beziehen, aufweisen.

20

25

Figur 6 verdeutlicht in einer schematisierten Darstellung ein Supertestprogrammmodell 61 sowie ein daraus erzeugtes Testmodell 63. Dabei enthält das Supertestprogrammmodell 61 verschiedene Testprogrammmodelle 65, die sich wiederum auf verschiedene technische Anlagen 3 beziehen. Im Testprogrammmodell ist die Zuordnung von Information, die für die Verarbeitung der Tests wichtig ist, zu den einzelnen Tests beschrieben. Beispielsweise wird festgehalten, welchem Testprogramm 41 welche Parameter 67 zugeordnet werden, um den Test 43 zu erzeugen, welche Funktionseinheiten 9 vom Test 43 überprüft werden, welche Zeitdauer 69 der Test 43 in Anspruch nimmt und welchem Testblock 51 er zugeordnet ist. Diese Information

30

35

wird für alle Tests und alle Testprogramme im Supertestprogrammmodell 61 festgehalten.

Des Weiteren ist das Supertestprogrammmodell 61 derart strukturiert, dass alle Information, die sich auf eine technische Anlage 3 bezieht, in einem Testprogrammmodell 65 zusammengefasst ist. Dies hat den Vorteil, dass der fortschreitenden Entwicklung nur einmal für alle technischen Anlagen im Supertestprogramm 61 Rechnung getragen werden muss.

10

Für die automatisierte Verarbeitung ist es günstig das Testmodell 63 aus dem Supertestprogramm 61 zu erzeugen, wobei das Testmodell 63 dann nur noch die Schlüsselinformation darüber enthält, welche Funktionseinheiten 9 von welchem Testblock 51 überprüft werden, sowie Information, die zur Erstellung einer Reihenfolge der Testvorschläge 19 benötigt wird. Für den Fall, dass die Testblöcke ausgeführt werden, ist die Verbindung dieser Informationen zu den Testblöcken für die automatisierte Verarbeitung ausschlaggebend. Können auch einzelne Test ausgeführt werden, ist es vorteilhaft, dass das Testmodell die Schlüsselinformation bezüglich der einzelnen Tests umfasst. Dies kann zur Beschleunigung des Verfahrens bei einer Automatisierung der Fehleridentifikation führen, da gezielt einzelne Tests durchgeführt und analysiert werden können.

25

Figur 7 zeigt ein Diagramm zur Verdeutlichung des Informationsflusses bei der automatisierten Bearbeitung von Testergebnissen. Die Bearbeitungseinheit 13 erhält die Information über die Testergebnisse 5, 21 von durchgeführten Tests 1, 19. Des Weiteren kann die Bearbeitungseinheit 13 auf das Testmodell 63 zugreifen, in dem z.B. die Information darüber vorliegt, welche Funktionseinheiten 9 von den durchgeführten Tests betroffen sind. Für die Analyse und für das Vorschlagen weiterer Tests kann die Bearbeitungseinheit 13 auch auf das Systemmodell 31 zugreifen, das die Information über den Auf-

35

bau der technischen Anlage 3 in einer Struktur von Funktionseinheiten 9 enthält.

Die Bearbeitungseinheit 13 liefert dann Information über die Funktionseinheiten 9, die defekt sein können, sowie deren Defektwahrscheinlichkeiten 15. Des Weiteren liefert die Bearbeitungseinheit 13 eine Liste von Testvorschlägen 19, die nach ihrer Relevanz für die Identifizierung eines Defekts in der technischen Anlage 03 geordnet sind. Nach einer erfolgreichen Präzisierung der Defektwahrscheinlichkeiten 15 kann die Bearbeitungseinheit 13 die Information liefern, welche der Funktionseinheiten 9 die defekte Funktionseinheit 17 ist.

Zusätzlich sind im Diagramm der Zusammenhang von Testmodell 63, Testprogrammmodell 65 und Supertestprogramm 63 sowie der Zusammenhang von Systemmodell 31 und Supersystemmodell 33 angedeutet.

In Figur 8 ist der Ablauf der automatisierten Bearbeitung in einem Flussdiagramm dargestellt. Nach dem Start 71 der Bearbeitung wird als erstes eine Informationsfilterung 73 durchgeführt. Dabei werden, falls vorhanden, abgespeicherte Ergebnisse früherer Tests auf nützliche Information gefiltert, und es wird das aktuelle Testergebnis übergeben.

In einem zweiten Schritt, der Synthese 75, wird das Testergebnis mit Hilfe von Information aus dem Systemmodell 31 und dem Testmodell 63 analysiert. Beispielsweise wird überprüft, welche Verbindungseinheiten, z.B. Kabel, oder welche austauschbare Funktionseinheiten, z.B. FRUs, am Test beteiligt waren. Anschließend werden mit einem mathematischen Modell die Defektwahrscheinlichkeiten, die sich aus dem aktuellen Test ergeben, mit Defektwahrscheinlichkeiten, die anhand früherer Tests bestimmt worden sind, kombiniert.

In einem dritten Schritt, der Diagnose 77, wird das Ergebnis des mathematischen Modells ausgewertet, indem beispielsweise



die Defektwahrscheinlichkeiten mit der Grenzdefektwahrscheinlichkeit verglichen werden. Dazu können die Defektwahrscheinlichkeiten in eine grobe Klassifizierung eingeteilt werden.

- 5 Falls eine Defektwahrscheinlichkeit oberhalb der Grenzdefektwahrscheinlichkeiten liegt, ist mit Hilfe der Tests erfolgreich die defekte Funktionseinheit identifiziert worden.

10 Falls kein eindeutiges Ergebnis vorliegt, werden in einem vierten Schritt, dem Vorschlägen 79 weitere Tests, Test zur Präzisierung der Defektwahrscheinlichkeiten aus dem Testmodell 63 herausgesucht. Dazu wird Information aus dem Systemmodell 31 hinzugezogen. Die Bestimmung eines neuen Tests kann mit Hilfe des Ausschlussprinzips erfolgen, d.h. es wird versucht, die Gruppe der möglichen defekten Funktionseinheiten zu verkleinern. Alternativ besteht die Möglichkeit, Defektwahrscheinlichkeiten durch Testen von selektierten Funktionseinheiten gezielt zu einer größeren signifikanteren Aussagefähigkeit hin zu verändern. Dazu werden die Vorschläge z.B.  
15 nach ihrer Komplexität oder nach ihrem Zeitaufwand geordnet vorgeschlagen. Damit ist man am Ende 81 der automatisierten Bearbeitung. Findet die Durchführung von Tests mittels Testblöcken statt, so wird die automatisierte Bearbeitung auf die Testblöcke bezogen.

25

In Figur 9 wird der Ablauf der Synthese 75, die in der automatisierten Bearbeitung nach Figur 8 durchgeführt wird, näher erläutert. Nach dem Start 83 der Synthese erfolgt zunächst in einem ersten Schritt eine Überprüfung 85, welcher Test durchgeführt wurde. Dabei kann der Test im Zuge eines Testblocks durchgeführt worden sein. Dann werden in einem eigenen Zyklus die Funktionseinheiten des Tests analysiert.  
30

Dazu wird in einem zweiten Schritt 87 eine erste Funktionseinheit des Tests ausgewählt. Im dritten Schritt 89 wird das mathematische Modell um diese Funktionseinheit erweitert, wobei in einem vierten Schritt 91 noch eine konditionelle Wahr-  
35

scheinlichkeit für diese Funktionseinheit an das mathematische Modell übergeben werden kann, z.B. eine hohe Ausfallwahrscheinlichkeit für eine besonders empfindliche Funktionseinheit. Im fünften Schritt 93 wird überprüft, ob noch weitere Funktionseinheiten am Test beteiligt waren und falls ja, werden die Schritte 87 bis 93 so lange wiederholt, bis alle Funktionseinheiten des Tests berücksichtigt wurden.

Im sechsten Schritt 95 wird überprüft, welche weiteren Tests beispielsweise im Zuge eines Testblocks durchgeführt wurden. Für die dazugehörigen Funktionseinheiten werden ebenfalls die Schritte 85 bis 95 durchlaufen.

Abschließend werden im siebten und wichtigsten Schritt 97 die Defektwahrscheinlichkeiten der betroffenen Funktionseinheiten mit dem mathematischen Modell berechnet. Damit ist man am Ende 101 des Flussdiagramms der Synthese.

Die Erfindung ermöglicht auch eine vollautomatisierte Defektidentifikation. Erkennt z.B. ein Servicetechniker oder ein Betreiber einer technischen Anlage, z.B. eines Magnetresonanztomographiegeräts, aufgrund mangelhafter Ergebnisse oder einer fehlerhaften Funktion einen Defekt der Anlage, so kann er beispielsweise folgenden Ablauf der Defektidentifikation mittels einer Testsoftware einleiten.

Die Testsoftware führt dann einen ersten Test durch, der z.B. keinen Hinweis auf eine defekte Funktionseinheit gibt. Das dazugehörige erste Testergebnis wird automatisch analysiert und alle Funktionseinheiten, die nicht durch den ersten Test überprüft wurden, werden als potentiell defekt eingestuft und bilden eine weiter zu untersuchende Gruppe von Funktionseinheiten.

Anschließend wird von der Testsoftware ein zweiter Test durchgeführt, der beispielsweise wieder auf keine defekte Funktionseinheit hinweist. Eine erneute automatisierte Verar-

beutung schränkt die Gruppe weiter ein und schlägt einen dritten Test vor. Erst dieser dritte Test deutet darauf hin, dass eine der durch den dritten Test überprüften Funktionseinheiten defekt ist. Die automatisierte Verarbeitung des dritten Testergebnisses schränkt die Gruppe nun deutlich ein. Es werden so lange weitere Tests durchgeführt, die die zugeordneten Defektwahrscheinlichkeiten präzisieren, bis eine defekte Funktionseinheit eindeutig identifiziert ist. Dabei erfolgt der Zyklus der automatisierten Verarbeitung, der z.B. die Analyse von Testergebnissen, die Defektwahrscheinlichkeitszuordnung, das Vorschlagen und Durchführen weiterer Tests umfasst, nach dem Verfahren der Erfindung.

Ein Vorteil der vollautomatisierten Defektidentifikation liegt in der Verkürzung der bis zur Fehleridentifizierung benötigten Zeit aufgrund der automatischen Durchführung vieler Tests, die wenig zeitaufwendige Interaktionen mit Servicetechnikern erfordern.

In einer weniger automatisierten Version der Testsoftware, entscheidet z.B. ein Servicetechniker selbst, welcher Test oder auch Testblock anfangs zur Eingrenzung der defekten Funktionseinheit durchgeführt wird. Nach einer erfindungsgemäßen Verarbeitung der Testergebnisse wählt er selbst unter den vorgeschlagenen Tests den nächsten aus und kann somit sein persönliche Expertise in die Defektidentifikation einbringen.

Figur 10 zeigt ein erstes Beispiel für den Ablauf der Identifizierung einer defekten Einheit in einer Kommunikationskette, die in einem Magnetresonanzsystem verwendet wird. Die Figur zeigt den Aufbau eines CAN-Buses 110 (CAN Control Area Network), der ausgehend von einem Prozessor verschiedene FRUs, die über Kabel miteinander verbunden sind, aufweist. Im Beispiel besteht eine Kette, die am CAN-Bus-Ausgang 111 des Prozessors beginnt, aus den folgenden FRUs: eine IOP-Einheit 113 (IOP Input/Output and Power-Board), eine RF-Kontrollein-

heit 115, eine RF-Verstärkungseinheit 117, eine PTAB-Einheit 119 (PTAB patient table), eine LCCS-Einheit 121 (LCCS Local Coil Channel Selector) und eine BTB-Einheit 123 (BTB Body Tune Box).

5

Die FRUs sind über Kabel verbunden, die vom Ausgang der einen Einheit in den Eingang der Nächsten führen. Wenn ein Kabel defekt ist, ist es nicht möglich, mit den folgenden FRUs zu kommunizieren. Andererseits ist es möglich, dass die Kommunikation mit einer speziellen FRU nicht möglich ist, beispielsweise mit der LCCS-Einheit 121, dass aber trotzdem eine Kommunikation mit den folgenden Einheiten, in diesem Fall mit der BTB-Einheit 123, möglich ist. Daraus können wir schließen, dass die Kabel des CAN-Buses intakt sind und dass nur die LCCS-Einheit 121 defekt ist und demnach ausgetauscht werden sollte.

10

15

20

25

Im Systemmodell würde die Beschreibung des CAN-Buses enthalten, in welcher Reihenfolge die FRUs miteinander verbunden sind. Ein Testblock würde die Tests zusammenfassen, die jeweils die Kommunikation mit einer FRU überprüfen. Im Testmodell ist festgehalten, welche Kabel und FRUs bei welchem Test durchlaufen werden, um mit einer speziellen FRU kommunizieren zu können. Mit Hilfe des Testmodells und des Systemmodells kann dann automatisiert der Defekt identifiziert werden.

30

Beispielsweise wurde ein Kommunikationstest mit der LCCS-Einheit 121 nicht erfolgreich durchgeführt. Allerdings ist noch kein Kommunikationstest mit BTB-Einheit 123 durchgeführt worden. Dieser Test wird im Verfahren vorgeschlagen, um zwischen einem Defekt des Kabels zwischen der PTAB-Einheit 119 und der LCCS-Einheit 121 oder einem Defekt der LCCS-Einheit 121 zu differenzieren.

35

Figur 11 zeigt ein zweites Beispiel zum Ablauf der Identifizierung einer defekten Einheit in einem RF-System 130 eines Magnetresonanztomographiegeräts. Das RF-System 130 besteht

aus vielen FRUs, die durch Kabel miteinander vernetzt sind. Das RF-System 130 besteht beispielsweise aus einem Sender 131, der mit einem Empfänger 133 über ein Schlaufenkabel 135 verbunden ist. Empfänger 131 und Sender 135 sind über die  
5 Zeitbasiskabel 136 mit einer Zeitbasis 137 verbunden sind, die zur Synchronisation dient. Der Sender 131 ist des Weiteren mit einer LCCS-Einheit 139 über ein TTX-Kabel 141 (TTX Tuned Transmitter Output) verbunden. Die LCCS-Einheit 139 ist wiederum mit dem Empfänger 131 verbunden ist. Der Sender 131  
10 ist zusätzlich mit einer RF-Verstärkungseinheit 143 verbunden. Andere Systemeinheiten 145 des Magnetresonanztomographiegeräts können ebenfalls mit der RF-Verstärkungseinheit 143 und der LCCS-Einheit 139 verbunden sein.

Bei solch komplexen Systemen ist es im Allgemeinen unmöglich, den Defekt mit einem einzigen Test zu finden. Ein sehr einfacher Schlaufentest in diesem System, der mehrere FRUs und Kabel überprüft, führt eine Messung vom Sender 131 über das Schlaufenkabel 135 zum Empfänger 131 durch. Er benötigt zu-  
20 sätzlich die Zeitbasis 137 und die Zeitbasiskabel 136. Wenn dieser Test einen Fehler signalisiert, können der Sender 131, das Schlaufenkabel 135, der Empfänger 131, die Zeitbasis 137 und die Zeitbasiskabel 136 defekt sein.

Um die Anzahl der teilnehmenden FRUs zu reduzieren, kann ein  
25 zweiter Schlaufentest durchgeführt werden, der vom Sender 131 über das TTX-Kabel 141 zur LCCS-Einheit 139 und zurück zum Empfänger 131 führt. In diesem Fall wird das Schlaufenkabel 135 umgangen, so dass, falls in diesem Test kein Fehler auf-  
30 tritt, auf einen Defekt des Schlaufenkabels 135 geschlossen wird. Ist auch der zweite Schlaufentest fehlerhaft, können der Sender 131, der Empfänger 131, die Zeitbasis 137 und die Zeitbasiskabel 136, defekt sein und es müssen weitere Tests durchgeführt werden. Um einen Doppeldefekt von TTX-Kabel 141  
35 und Schlaufenkabel 135 auszuschließen, sind ebenfalls weitere Tests nötig.

Figur 12 zeigt ein Beispiel zur Vorgehensweise bei der Kombination von Defektwahrscheinlichkeiten, die auf zwei Tests am RF-System 130 beruhen. Ein erster Test 151 weist auf einen Defekt hin, der in einem der überprüften Komponenten (Sender 131, TTX-Kabel 141, LCCS-Einheit 139 und Empfänger 131) vor-  
5 liegt. Entsprechend ist die Defektwahrscheinlichkeit für jede der Komponenten je 25 Prozent. Wird ergänzend ein zweiter Test 153 erfolgreich ohne Fehlermeldung durchgeführt, ist keine der überprüften Komponenten (Sender 131, TTX-Kabel 141, LCCS-Einheit 139 und Systemeinheit 145) defekt, so wird in  
10 der kombinierten Bearbeitung der Ergebnisse der Test 151 und 153 der Empfänger 131 als die defekte Funktionseinheit identifiziert.

Bei der Zuordnung von Defektwahrscheinlichkeiten aufgrund  
15 mehrerer Tests ist es unter Umständen vorteilhaft, die Defektwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit vom Test oder auch von der getesteten Funktionseinheit mit einer Gewichtung zu versehen, bei der z.B. besonders anfällige Funktionseinheiten  
20 eine höhere Defektwahrscheinlichkeit erhalten. Des Weiteren kann es vorteilhaft sein, wenn eine Aussage über die Defektwahrscheinlichkeiten getroffen werden muss, dass die Defektwahrscheinlichkeiten aufeinander normiert werden, dass mit den normierten Defektwahrscheinlichkeiten im mathematischen  
25 Modell gerechnet wird und dass zur Entscheidungsfindung die Defektwahrscheinlichkeiten in grobe Klassen eingeteilt werden. Ein Beispiel für ein mathematisches Modell, das zur Berechnung von Defektwahrscheinlichkeiten angewendet werden kann, ist das Bayesian-Network Modell.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Unterstützung einer Identifizierung einer defekten Funktionseinheit (17) in einer technischen Anlage  
5 (3),  
die mehrere Funktionseinheiten (9) aufweist,  
wobei zur Identifizierung ein erster Test an der technischen Anlage (3) durchgeführt wird,  
wobei der erste Test eine Messung an der technischen Anlage  
10 (3) durchführt und ein erstes Testergebnis (5) liefert,  
wobei mithilfe von Information darüber, welche Funktionseinheiten (9) getestet wurden und welchen Aufbau die technische Anlage (3) aufweist,  
eine automatisierte Verarbeitung des ersten Testergebnisses  
15 (5) mit folgenden Verfahrensmerkmalen durchgeführt wird:

- Analysieren des ersten Testergebnisses (5), um eine Gruppe von Funktionseinheiten (9) zu bestimmen, die defekt sein können,  
20

- Anhand der Analyse Zuordnen von Defektwahrscheinlichkeiten (15) zu den Funktionseinheiten (9) der Gruppe.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass,  
falls eine Defektwahrscheinlichkeit (15) einer Funktionseinheit (9) über einer signifikanten Grenzdefektwahrscheinlichkeit liegt, diese Funktionseinheit (9) als defekt identifiziert wird.

30  
3. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass,  
falls keine Defektwahrscheinlichkeit (15) über der signifikanten Grenze liegt, anhand der Defektwahrscheinlichkeiten  
35 (15) mindestens ein zweiter Test zum Präzisieren der Defektwahrscheinlichkeiten (15) der Funktionseinheiten (9) der Gruppe vorgeschlagen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,

d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,     d a s s ,  
die Testvorschläge (19) nach mindestens einem Kriterium auto-  
matisiert geordnet werden, das die Relevanz eines Testvor-  
schlags (19) in Bezug zur Identifizierung der defekten Funk-  
tionseinheit (17) bewertet.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,     d a s s d e r r e -  
levanteste der vorgeschlagenen Tests automatisiert durchge-  
führt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5,

d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,     d a s s  
ein zweiter Test durchgeführt wird, und dass  
unter Berücksichtigung des ersten Testergebnisses (5) und un-  
ter Einbezug von Information darüber,  
welche Funktionseinheiten (9) getestet wurden, welchen Aufbau  
die technische Anlage (3) aufweist und welche Ergebnisse min-  
destens ein früherer Test geliefert hat,  
das zweite Testergebnis (21) analysiert wird, um die Defekt-  
wahrscheinlichkeiten (15) der Funktionseinheiten (9) der  
Gruppe zu präzisieren,  
dass, falls eine präzisierte Defektwahrscheinlichkeit (15)  
einer Funktionseinheit (9) über einer signifikanten Grenze  
liegt, diese Funktionseinheit (9) als defekt identifiziert  
wird,  
dass, falls keine Defektwahrscheinlichkeit (15) über der sig-  
nifikanten Grenze liegt, anhand der Defektwahrscheinlichkei-  
ten (15) mindestens ein weiterer Test zum Präzisieren der De-  
fektwahrscheinlichkeiten (15) der Funktionseinheiten (9) der  
Gruppe vorgeschlagen wird und dass diese Testvorschläge (19)  
nach mindestens einem Kriterium, das die Relevanz des Test-  
vorschlags (19) in Bezug zur Identifizierung der defekten  
Funktionseinheit (17) bewertet, automatisiert geordnet wer-  
den.



7. Verfahren nach Anspruch 5 und 6,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass solange  
ein jeweils neu vorgeschlagener Test durchgeführt wird, bis  
eine Defektwahrscheinlichkeit (15) einer Funktionseinheit (9)  
5 oberhalb der signifikanten Grenzdefektwahrscheinlichkeit  
liegt und diese Funktionseinheit (9) als die defekte identi-  
fiziert ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass sich  
die Defektwahrscheinlichkeit (15) einer Funktionseinheit (9)  
nach der Durchführung eines Tests aus einer mathematischen  
Kombination der Defektwahrscheinlichkeit (15) vor dem Test  
mit der Defektwahrscheinlichkeit (15) aufgrund des Tests er-  
15 gibt.

9. Verfahren nach Anspruch 8,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die  
Kombination der Defektwahrscheinlichkeiten (15) mithilfe des  
20 Bayesian-Network Modells erfolgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass eine  
Funktionseinheit (9) eine austauschbare Baueinheit ist.  
25

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass eine  
Funktionseinheit (9) eine Verbindungseinheit zwischen weite-  
ren Funktionseinheiten (9) ist.  
30

12. Verfahren einem der Ansprüche 1 bis 11,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass eine  
Verbindungseinheit ein elektrisches oder optisches Signal  
zwischen weiteren Funktionseinheiten (9) übermittelt.  
35

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass eine Verbindungseinheit zur Energieversorgung einer weiteren Funktionseinheit (9) dient.

5 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass ein Test die Funktion einer einzelnen Funktionseinheit (9) überprüft.

10 15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass ein Test mehrere Funktionseinheiten (9) entlang eines Testsignalwegs überprüft.

15 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass verschiedene Tests aus einem Testprogramm (41) mittels Parametrisierung erzeugt werden.

20 17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass mehrere Tests mit einer gemeinsamen Aufgabe einen Testblock (51) bilden und zur Vereinfachung der Durchführbarkeit mit einem einzigen Aufruf des Testblocks (51) durchgeführt werden.

25

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Information darüber, welche Funktionseinheiten (9) von einem Test oder Testblock (51) überprüft werden, in einem Testmodell (63) zusammengefasst ist.

30

19. Verfahren nach Anspruch 18,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das Testmodell (63) durch Konfigurieren eines Testprogrammmodells (65) auf die technische Anlage (3) erzeugt wird, wobei das Testprogrammmodell (65) eine Beschreibung der Tests oder

35

Testblöcke (51) umfasst, die auf der technischen Anlage (3) oder auf Anlagen, die dieser ähnlich sind, durchführbar sind.

20. Verfahren nach Anspruch 19,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Beschreibung der Tests oder Testblöcke (51) die Aufgabe, wichtige Parameter sowie die jeweils betroffenen Funktionseinheiten (9) beschreibt.

10 21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Information über den Aufbau der technischen Anlage (3) schematisch in einem Systemmodell (31) zusammengefasst ist, das auf den Funktionseinheiten (9) basiert.

15

22. Verfahren nach Anspruch 21,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das Systemmodell (31) durch Konfigurieren eines Supersystemmodells (33) auf die technische Anlage (3) erzeugt wird, in

20 welchem Supersystemmodell (33) verwandte technische Anlagen (3) schematisiert dargestellt werden.

## Zusammenfassung

Verfahren zur Unterstützung einer Identifizierung einer defekten Funktionseinheit in einer technischen Anlage

5

Das Verfahren nach der Erfindung dient der Unterstützung einer Identifizierung einer defekten Funktionseinheit (17) in einer technischen Anlage (3), die mehrere Funktionseinheiten (9) aufweist, wobei zur Identifizierung ein erster Test an

10

der technischen Anlage (3) durchgeführt wird,

wobei der erste Test eine Messung an der technischen Anlage (3) durchführt und ein erstes Testergebnis (5) liefert,

wobei mithilfe von Information darüber, welche Funktionseinheiten (9) getestet wurden und welchen Aufbau die technische

15

Anlage (3) aufweist, eine automatisierte Verarbeitung des ersten Testergebnisses (5) durchgeführt wird, wobei das erste Testergebnis (5) analysiert wird, um eine Gruppe von Funktionseinheiten (9) zu bestimmen, die defekt sein können, und wobei anhand der Analyse den Funktionseinheiten (9) der

20

Gruppe Defektwahrscheinlichkeiten (15) zugeordnet werden.

Fig. 1

FIG 1

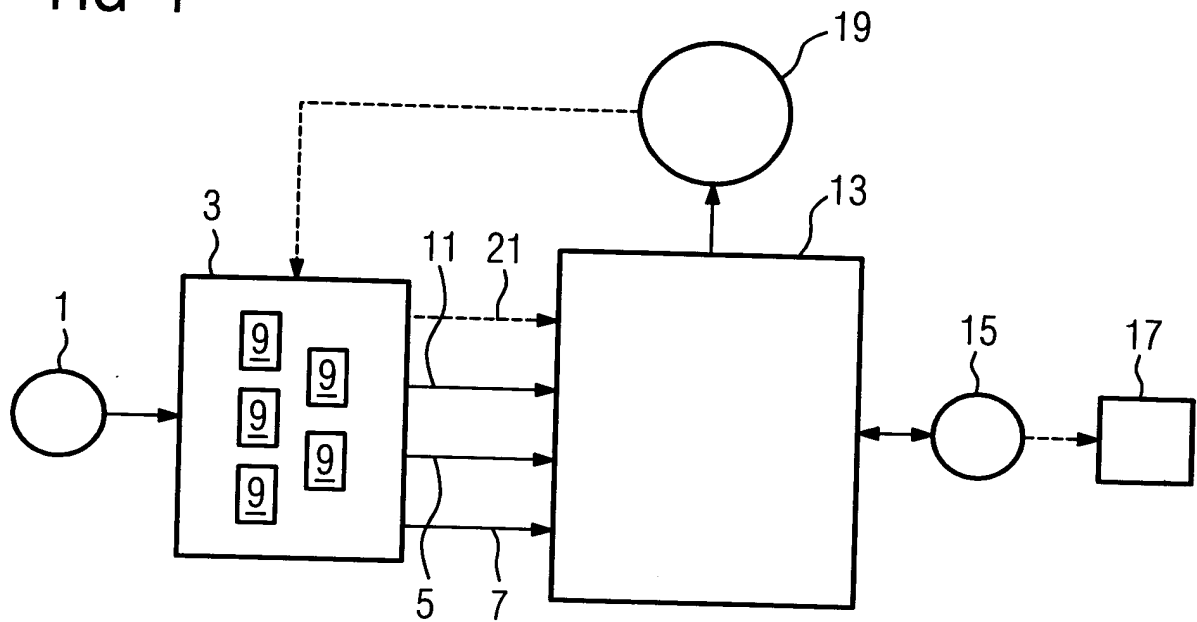


FIG 2

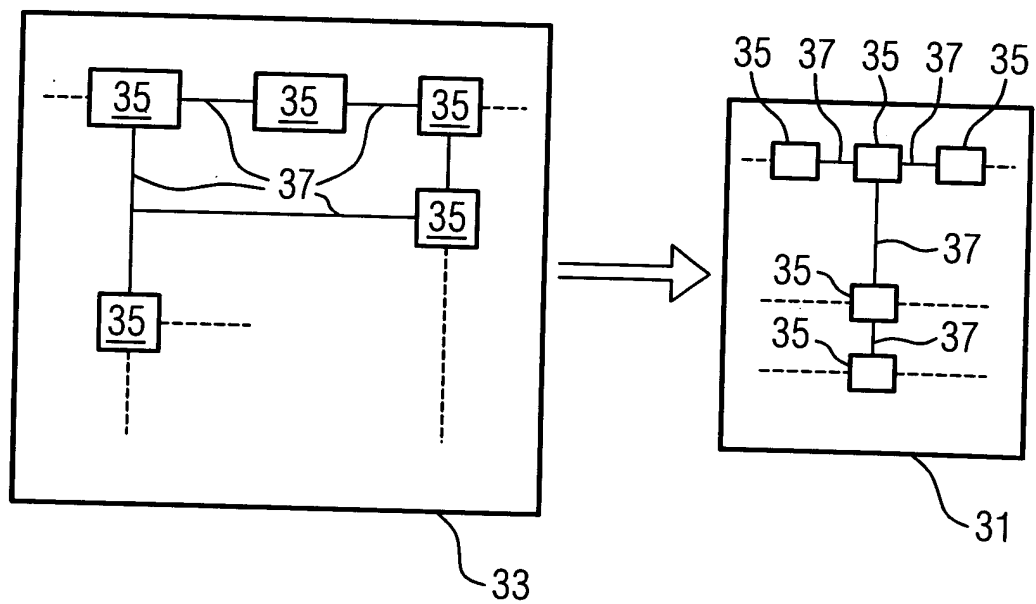


FIG 3

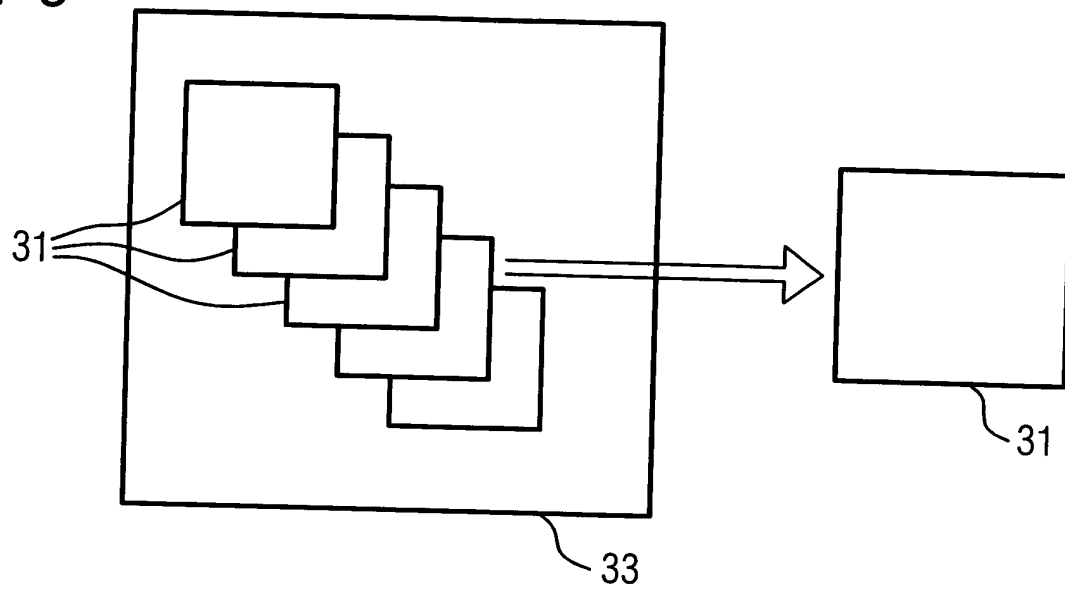


FIG 4

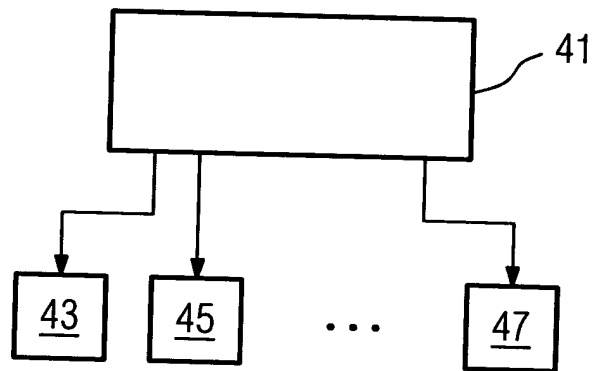


FIG 5

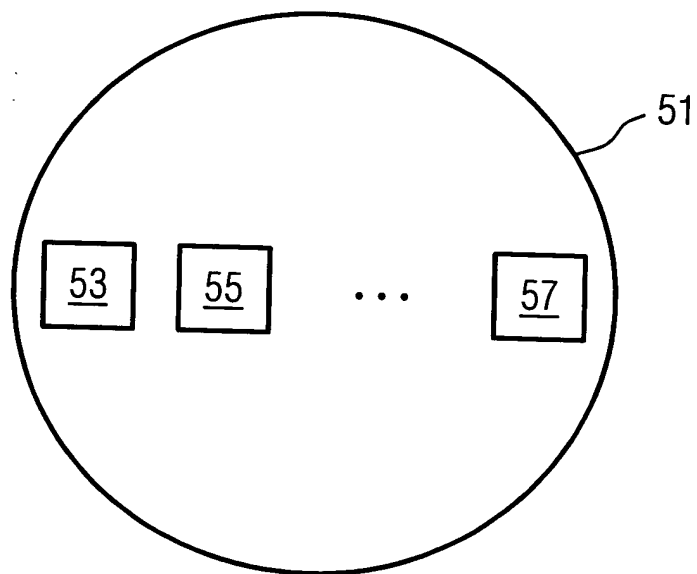


FIG 6

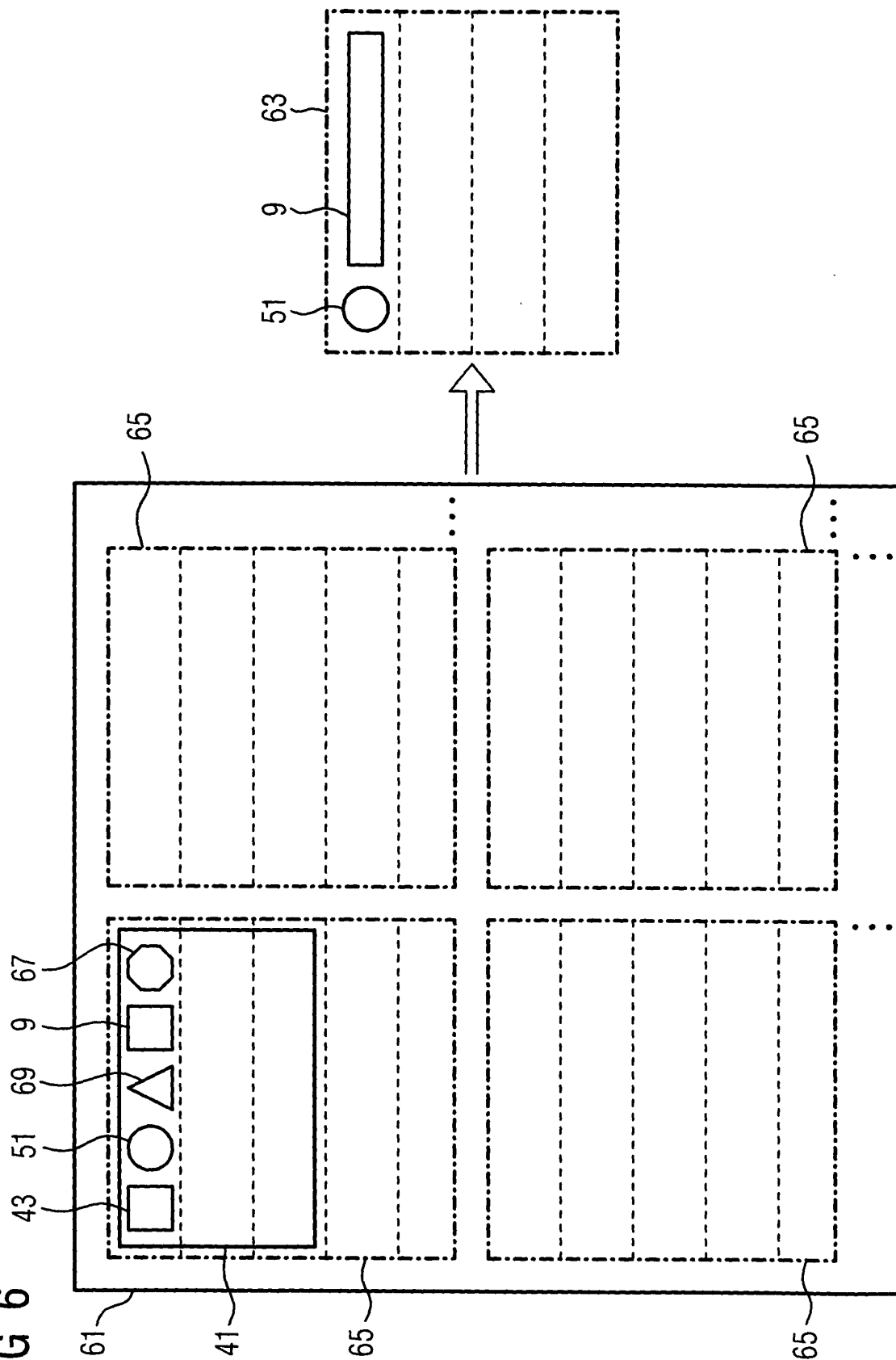


FIG 7

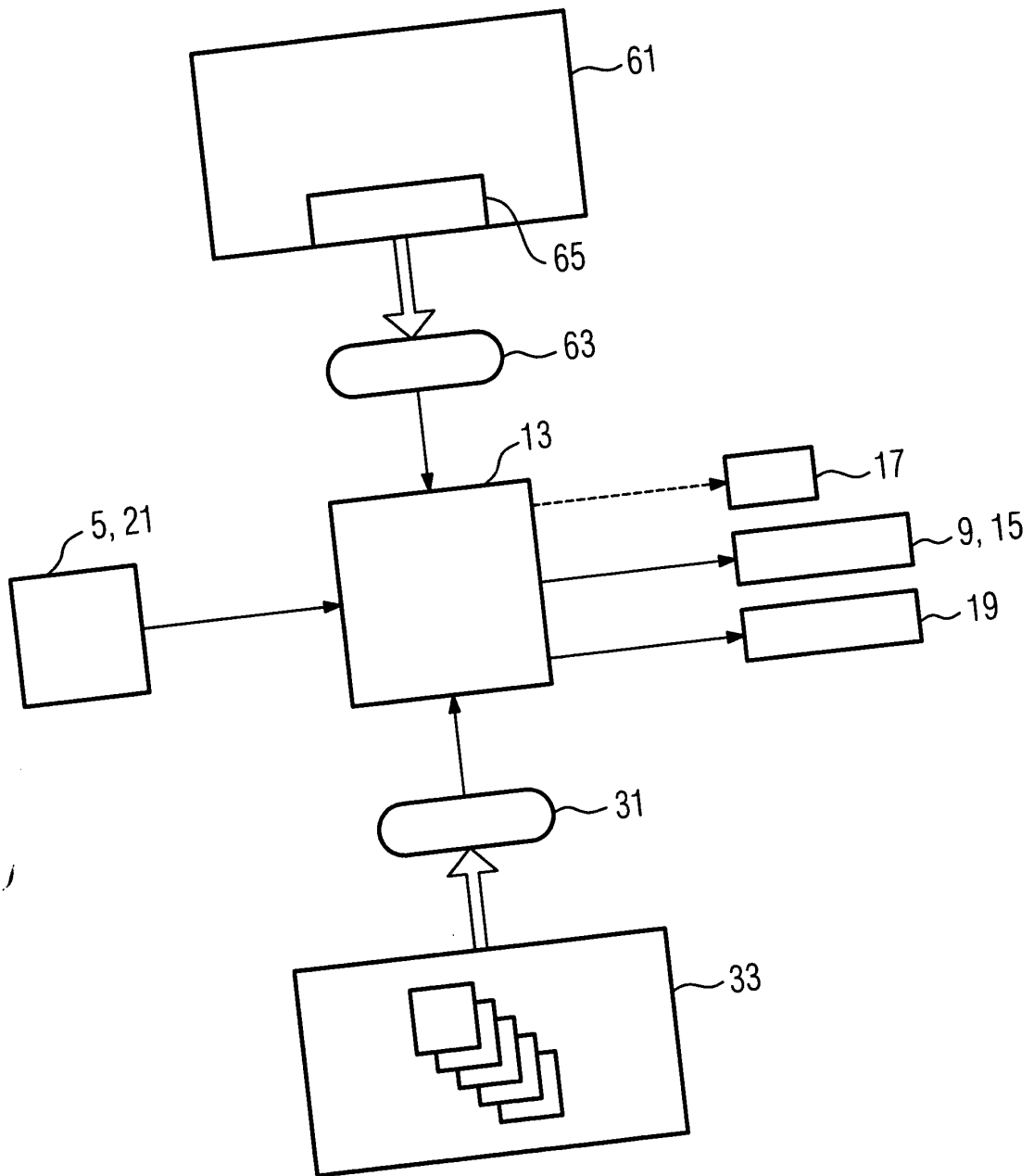




FIG 8

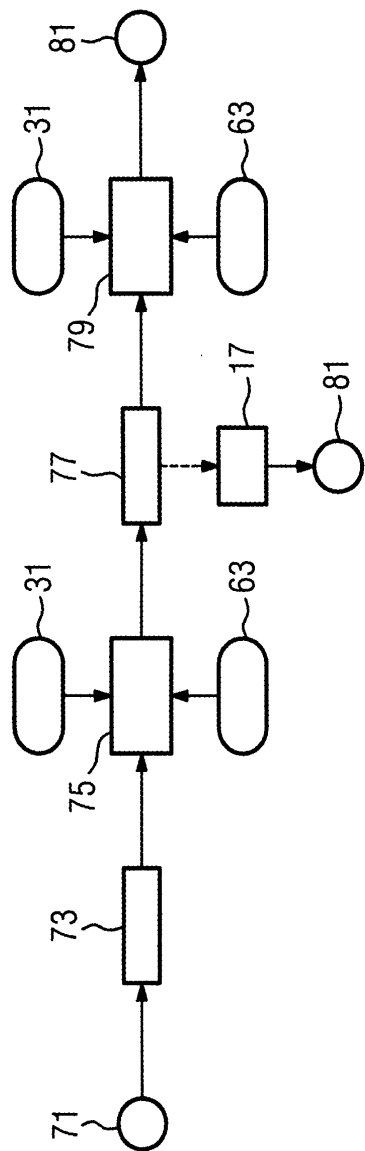


FIG 9

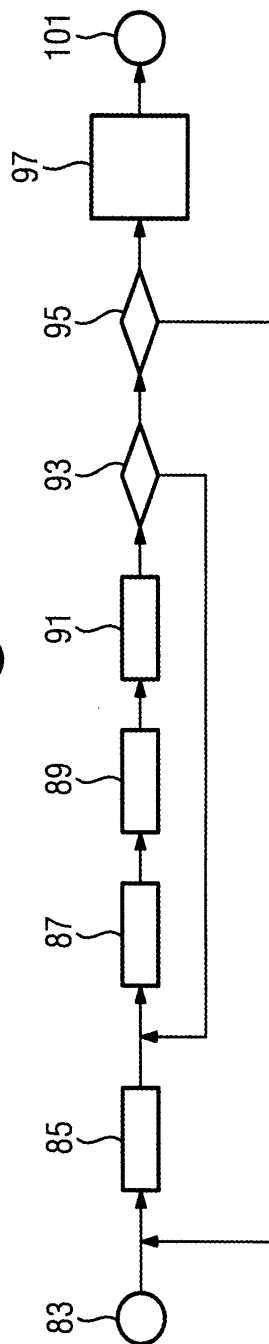


FIG 10

